

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 48 486 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 62 D 9/00**  
B 25 J 9/00

②① Aktenzeichen: 199 48 486.4  
②② Anmeldetag: 7. 10. 1999  
④③ Offenlegungstag: 23. 8. 2001

DE 199 48 486 A 1

⑦① Anmelder:

Lückel, Joachim, Prof. Dr.-Ing., 33100 Paderborn,  
DE; Koch, Thorsten, Dipl.-Ing., 33098 Paderborn,  
DE; Schmitz, Joachim, Dipl.-Ing., 33100 Paderborn,  
DE; Gerdiken, Karl-Josef, Dipl.-Ing., 33178 Borcheln,  
DE

⑦② Erfinder:

gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Lenken mittels des Antriebs bei nichtspurgebundenen Fahrzeugen

DE 199 48 486 A 1

## Beschreibung

Lenken mittels des Antriebs (unter Antreiben wird eine Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit, eine Verzögerung oder eine Beschleunigung verstanden) bei nichtspurgebundenen Fahrzeugen.

## Anwendungsgebiet

Die Erfindung betrifft entsprechend dem Oberbegriff des Anspruchs 1 ein Lenkungsprinzip, das es erlaubt,

- den Lenkwinkel eines Rades zu manipulieren
- und gleichzeitig den Antrieb des Fahrzeugs zu gewährleisten.

## Stand der Technik

In der Fahrzeugtechnik wie auch in der Entwicklung von Fahrgestellen von Flugzeugen werden Lenk- und Antriebsmechanismen realisiert, die auf der Trennung der Funktionen Lenken und Antreiben beruhen. Deshalb benötigen heutige lenkbare und angetriebene Achsen mehrere konstruktive Mechanismen sowohl für die Übertragung des Antriebsmoments als auch für die Lenkwinkleinstellung des Rades [1]. Zum Beispiel werden bei Personenkraftwagen mit Frontantrieb und vorderer lenkbare Achse die beiden Vorderräder über ein mechanisches Lenkgestänge relativ zum Fahrzeug schräg gestellt. Außerdem sind für den Antrieb Wellen mit Ausgleichsgelenken zwischen Getriebe und Rädern vorhanden.

In der Entwicklung holonomer und nichtholonomer mobiler Roboter werden Mechanismen eingesetzt, die auf einer Kombination von Lenken und Antreiben beruhen [5]. Dabei werden nicht lenkbare Räder über Motoren mit unterschiedlichen Drehzahlen angetrieben, woraus sich eine Drehbewegung um die Hochachse ergibt. Bei lenkbaren Rädern werden zusätzlich zu den Antriebsaggregaten Aktoren sowie mechanische Elemente für die Verstellung des Lenkwinkels benötigt.

## Literatur

- [1] Reimpell, J.: Fahrwerktechnik: Radaufhängungen, Starrachsen, Einzelradaufhängungen, Vorzüge, Nachteile, Reifeneinfluß, Kinematik, Elastokinematik, Einzelteile, Werkstoffe, Kosten. 2., überarb. u. erw. Aufl. Würzburg: Vogel, 1988.
- [2] Pflug, H.-Ch.: Einfluß intelligenter Hinterachszusatzenklungen auf das Fahrverhalten von Nutzfahrzeugen. 3. Stuttgarter Symposium Kraftfahrwesen und Verbrennungsmotoren, Tagungsband, Stuttgart: Expert Verlag, 1999.
- [3] Hintenrum - Mercedes 814 mit Allradlenkung, Lastauto Omnibus, Heft 10.
- [4] Khatib, O.: Force Strategies for Cooperative Tasks in Multiple Mobile Manipulation Systems. Int. Symp. on Robotics Research, München, 1995.
- [5] Kortenkamp, D.: Artificial intelligence and mobile robot, case studies of successful robot systems, Menlo Park, Calif.: AAAI Press, 1998.

## Nachteile des Standes der Technik

Durch die derzeitigen Lenk- und Antriebskonzepte ergeben sich einige Nachteile:

Bei der Trennung der Funktionen Lenken und Antreiben, wie es bei heutigen Kraftfahrzeugen Stand der Technik ist,

müssen zwei Mechanismen in einer Konstruktion vereinigt werden. Die sich daraus ergebenden Bauraumprobleme führen immer zu einem Kompromiß im Hinblick auf die kinematischen Grenzen des Systems, wie etwa den maximalen einzustellenden Lenkwinkel. Außerdem ergibt sich bei größer werdendem Lenkwinkel durch die üblicherweise verwendete mechanische Kopplung des rechten und des linken Rades ein steigender Querschlupf. Dadurch stellt sich ein erhöhter Reifenverschleiß ein, und außerdem wandert bei größer werdenden Lenkwinkeln der Fahrzustand immer mehr in den Grenzbereich.

Die geschilderten Nachteile können durch den Ersatz autonomer gelenkter Räder umgangen werden. Dabei übernehmen Aktuatoren in Verbindung mit Sensoren und einer Regelung die Funktion des Lenkgestänges, über die ein gewünschter Lenkwinkel eingestellt werden kann. Ein solches Lenkprinzip ist, bedingt durch die höhere Anzahl der Teile, sehr kostenintensiv und benötigt außerdem Versorgungsleistung, die zugeführt werden muß.

Die Abrollbewegung und der Lenkwinkel des Rades sind kinematisch und dynamisch miteinander gekoppelt, was bei angetriebenen und gelenkten Achsen beachtet werden muß. Deshalb müssen bei Fahrmanövern das Antriebs- und das Lenkmoment am Rad aufeinander abgestimmt sein, damit die Schlupfwerte kritische Grenzen nicht überschreiten. Eine nötige Koordination der beiden Drehmomente bei der Verwendung von Aktuatoren für die Lenkbewegung erfordert eine aufwendige Regelung, wodurch sich große Gesamtkosten ergeben.

## Darstellung und Vorteile der Erfindung

Die Erfindung beruht auf der Kopplung der Antriebs- und der Lenkbewegung eines autonomen gelenkten Rades. Die Drehung beim Lenken wird nicht über einen Aktuator oder ein Gestänge erzielt, sondern durch das Antriebsmoment beeinflusst. Durch einen Hebelarm zwischen der Lenkachse und der Kraft in der Radaufstandsfläche, die aus dem Antrieb resultiert, wird ein Drehmoment um die Hochachse hervorgerufen (siehe Bild 1). Es kann somit eine Lenkwinkelveränderung des Rades durch eine Regelung des Antriebs erzielt werden.

In den stationären Zuständen, d. h. bei konstantem Lenkwinkel wird, mittels einer Klemmvorrichtung die Verdrehung des Rades gegenüber dem Aufbau gehalten. Diese Vorrichtung muß dafür ein kontinuierliches, definiertes Bremsmoment um die Drehachse erzeugen können. Durch diesen zusätzlichen Mechanismus wird während des Anfahrens oder bei Bremsmanövern eine ungewollte Schrägstellung des Rades verhindert.

Auf eine solche Vorrichtung kann verzichtet werden, falls zwei einzeln angetriebene Räder zu einem Modul zusammengefaßt werden (siehe Bild 2). Der Lenkwinkel kann dann durch eine Dosierung der Antriebsmomente beider Motoren eingestellt werden.

Bezüglich der zuvor genannten Nachteile herkömmlicher Systeme ergeben sich folgende Vorteile:

- Durch die Nutzung des Antriebsmoments für die Verdrehung des Rades um die Hochachse kann auf ein Lenkgestänge verzichtet werden, woraus sich konstruktive Freiräume ergeben.
- Prinzipiell bedingt, kann auf einen aufwendigen Stellaktuator (Elektromotor mit Getriebe) für die Lenkwinkelmanipulation verzichtet werden, woraus sich eine einfache Gesamtkonstruktion ergibt. Wegen des vorhandenen Antriebsaggregats für den Vortrieb werden außerdem Energieversorgungen mit großer Lei-

stungsübertragung und Regelungen für zusätzliche Aktuatoren überflüssig.

– Durch das Prinzip erfolgt im Vergleich zu Mechanismen, wie sie Stand der Technik sind, die Reduzierung der Schlupfwerte bei Lenkmanövern, weil die Rollbewegung des Rades mit der Lenkbewegung kinematisch/dynamisch verbunden ist. Die Vergrößerung des Längsschlupfs, wie sie bei voneinander unabhängigen Lenkwinkel- und Antriebsregelungen hervorgerufen wird, tritt bei diesem Prinzip nicht auf.

In der zunächst angestrebten Anwendung erfolgt das Antreiben über geregelte elektrische Radnabenmotoren. Sie sind in verschiedenen Bauformen bereits entwickelt bzw. verfügbar (vgl. z. B. Literatur [1..5] zuvor) und demzufolge nicht Gegenstand dieser Anmeldung. Optional kann zur Vergrößerung des verzögernden Moments eine Bremse integriert sein. Durch die Verwendung solcher Aggregate können autonome Radmodule entstehen, die für die gewünschte Lenkkinetik des gesamten Fahrzeugs nicht mehr über Gestänge untereinander verbunden sind.

### Beispiel

#### Beschreibung von Ausführungsbeispielen

Die Grundidee der Erfindung wurde bereits zu Anfang des vorstehenden Abschnitts beschrieben. Es sollen hier nun verschiedene Modifikationen und Ausführungsbeispiele genannt werden:

Weil das vorgestellte Prinzip ein Antreiben und Lenken eines autonomen Rades ermöglicht, lassen sich Positionierungsaufgaben oder Antriebsaufgaben ableiten (z. B. in der Fahrzeugtechnik oder bei der Gestaltung von Plattformen für mobile Roboter).

Durch entsprechende Einprägung des Radantriebsmoments und das Zusammenspiel mit der Feststellvorrichtung läßt sich der Lenkwinkel einstellen. Sofern man ein Fahrzeug mit solchen Radaufhängungen versieht, können Bewegungen entsprechend den drei Freiheitsgraden in der Ebene hervorgerufen werden. Ein solcher Wagen zeichnet sich somit durch eine extreme Wendigkeit aus.

Die Anzahl der Radmodule am Fahrzeug ist nicht beschränkt; es können prinzipiell beliebig viele solcher Aggregate an dem Aufbau montiert sein, um die Tragfähigkeit zu erhöhen. Zwei Räder können dabei mittels eines Lenkgestänges miteinander verbunden sein, so daß auf eine Vorrichtung zur Erzeugung eines Bremsmomentes verzichtet werden kann (siehe Bild 7).

Es sind ferner Varianten möglich, bei denen die Radaufhängung die Lenkwinkelmanipulation übernimmt, ohne das Fahrzeug anzutreiben. Der eigentliche Vortrieb kann über eine konventionell angetriebene starre Achse erfolgen. Erst wenn die Umgebungsbedingungen einen Allradantrieb erfordern, würden auch die lenkbaren Räder antreiben.

Als weiteres Ausführungsbeispiel kann eine nach dem vorgestellten Prinzip aufgebaute Radlenkung im Raum feststehend montiert sein (siehe Bild 3). Über die Antriebsmomente und den eingestellten Lenkwinkel ermöglicht eine solche Konstruktion die Positionierung eines an die Aufhängung montierten Körpers.

Die bei einem angetriebenen Rad pro Antriebsmodul für stationäre Lenkwinkelvorgaben nötige Klemmvorrichtung kann als form- und kraftschlüssige Verbindung ausgeführt werden. Solche Systeme sind leicht zu fertigen oder als Zukaufteile erhältlich.

Um die Antriebskraft zu erhöhen, lassen sich auch mehrere angetriebene Räder zusammenfassen (vgl. Bild 2). In

diesem Fall kann bei entsprechender Koordination der Momente auf eine Arretierung verzichtet werden.

Im Hinblick auf die konstruktive Gestaltung kann auf herkömmliche lenkbare Radaufhängungen, wie sie in der Fahrzeugtechnik Verwendung finden, zurückgegriffen werden (siehe Bild 6). Dabei muß der Gesamtaufbau um eine Arretiervorrichtung erweitert und eine dazugehörige Momentenregelung vorhanden sein. Die genaue Dosierung des Antriebs läßt sich z. B. über einen Elektromotor oder einen Hydraulikmotor erzielen.

### Patentsprüche

1. Vorrichtung zum Positionieren eines Körpers nach Lage und Orientierung in der Ebene, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Körper über ein oder mehrere Räder angetrieben, und der Lenkwinkel über das Antriebsmoment verstellt wird (Bild 1).
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsmoment des Rades über einen Motor mittels einer entsprechenden Regelung vorgegeben wird und bei konstantem Lenkwinkel die Arretierung erfolgt (Bild 1).
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Räder zu einem Aufhängungsmodul zusammengefaßt werden und jedes Rad für sich angetrieben wird (siehe Bild 2).
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Räder zu einer Achse zusammengefaßt werden und eine mechanische Kopplung mittels einer Spurstange vorhanden ist (Bild 7). Die Lenkwinkel stellen sich durch aufeinander abgestimmte Antriebsmomente der beiden Räder ein.
5. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß diese Vorrichtung zur Positionierung in einer Ebene bei der Fertigung, in der Fahrzeugtechnik und bei der Entwicklung von mobilen Robotern eingesetzt wird (Bild 2, Bild 3).
6. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die erwähnten Prinzipien auch auf (unter, an) beliebig orientierten Ebenen ausgeführt werden bzw. das Arbeitsprinzip so umgekehrt wird, daß das Radmodul fest steht und die Ebene durch das Rad bewegt wird (Bild 4).
7. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der zu positionierende Körper flächig geführt ist und der Antrieb über das Arbeitsprinzip erfolgt (Bild 5).

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

Abbildungen zur Patentanmeldung

# Lenken mittels des Antriebs bei nichtspurgebundenen Fahrzeugen

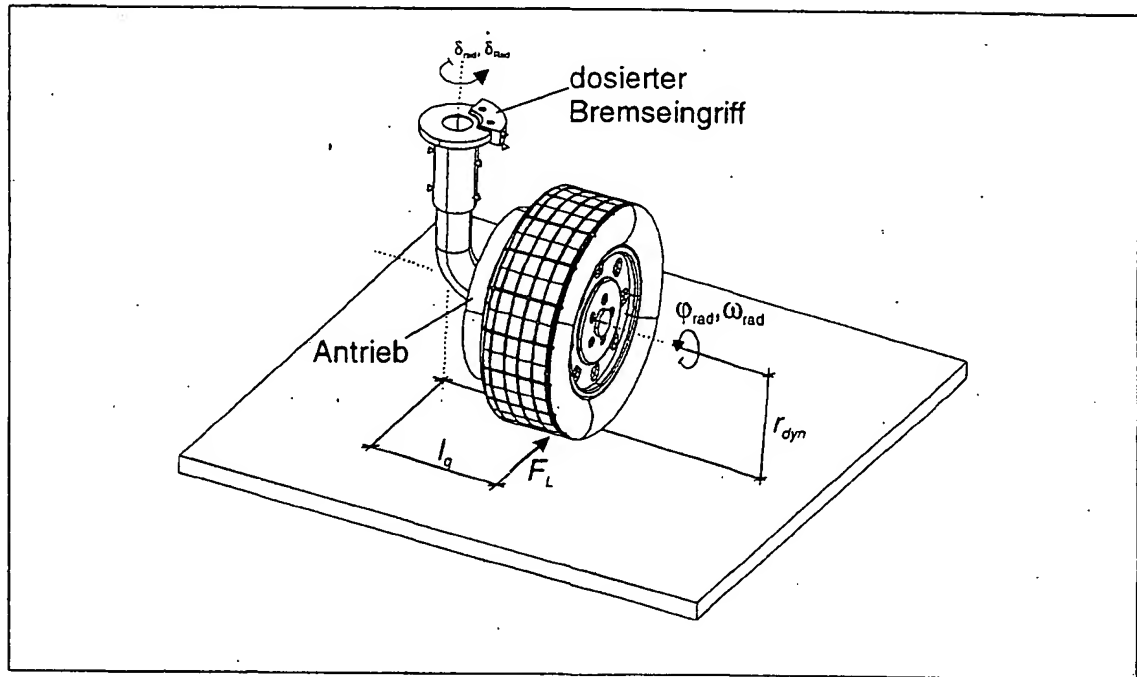


Bild 1

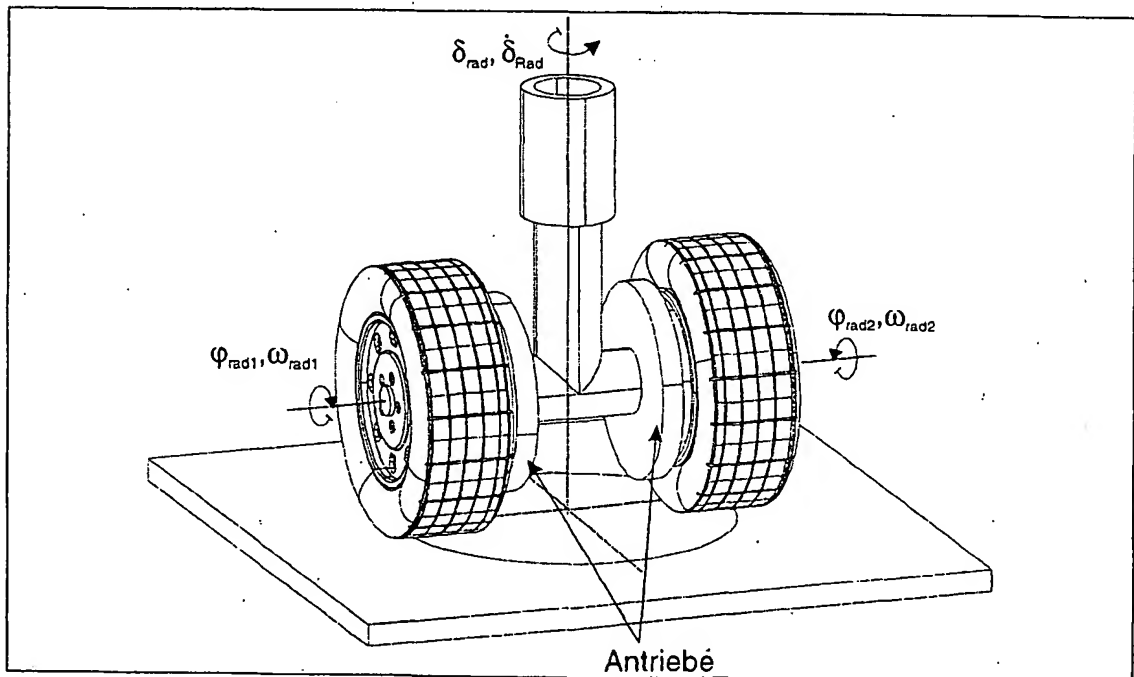
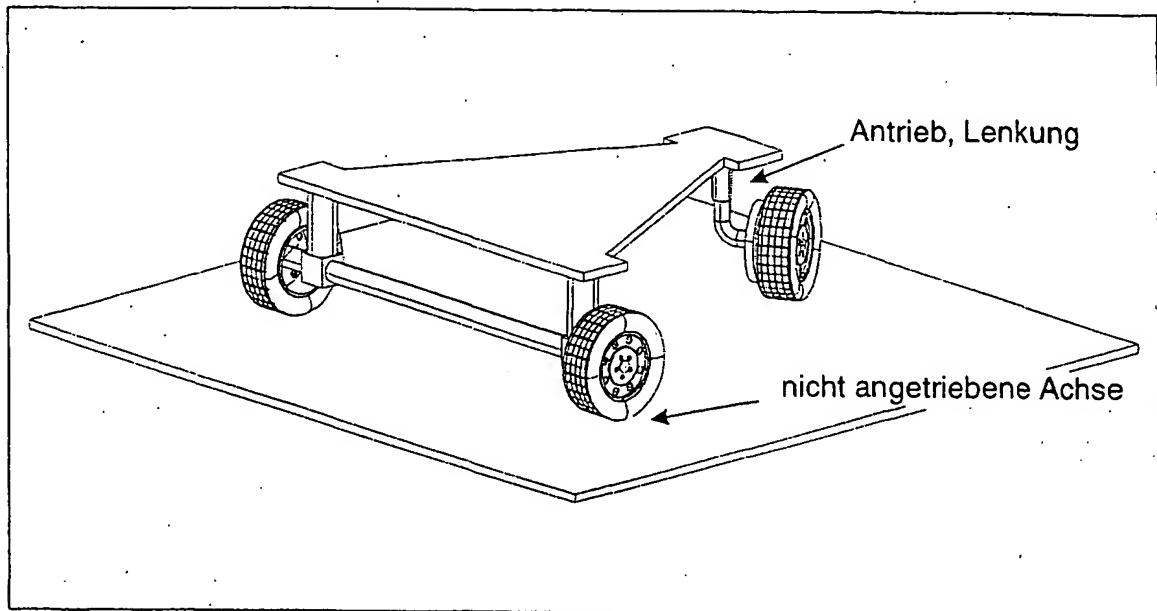
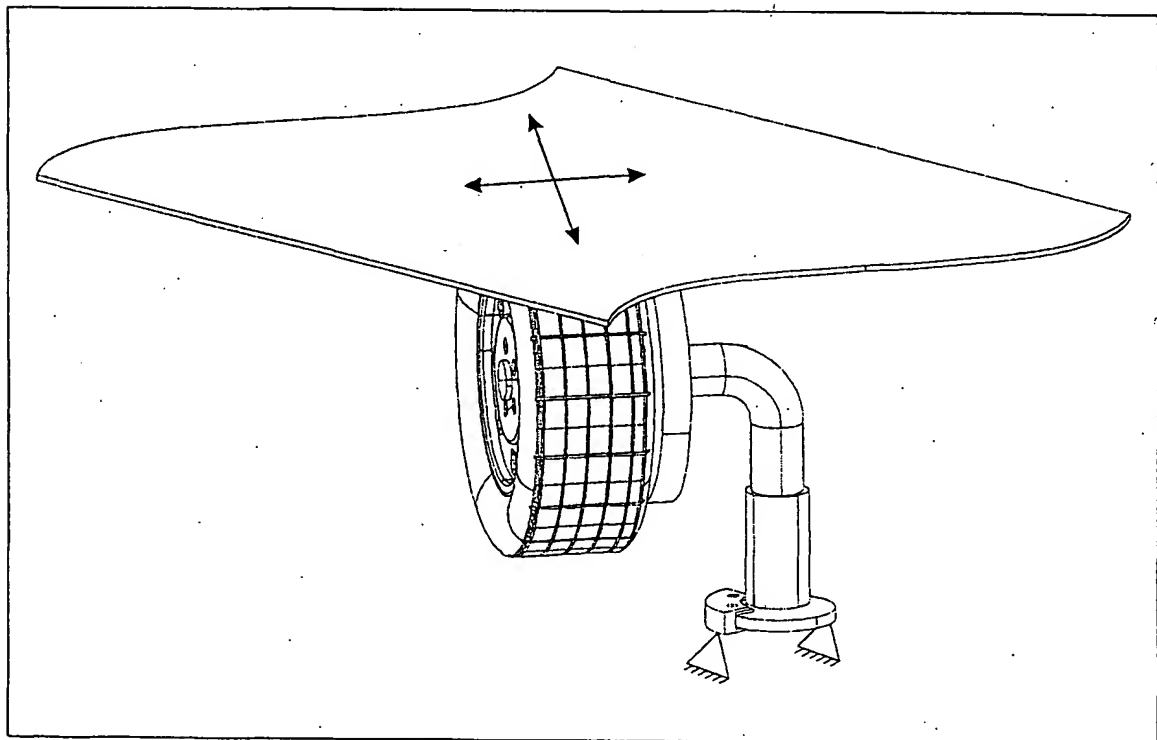


Bild 2



**Bild 3**



**Bild 4**

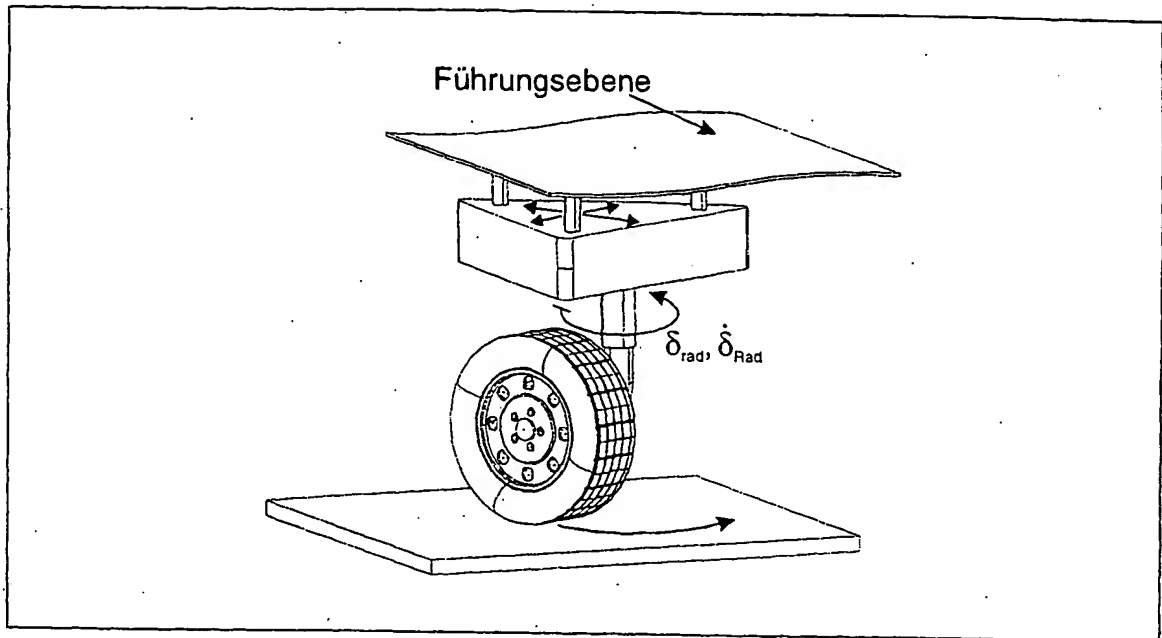


Bild 5

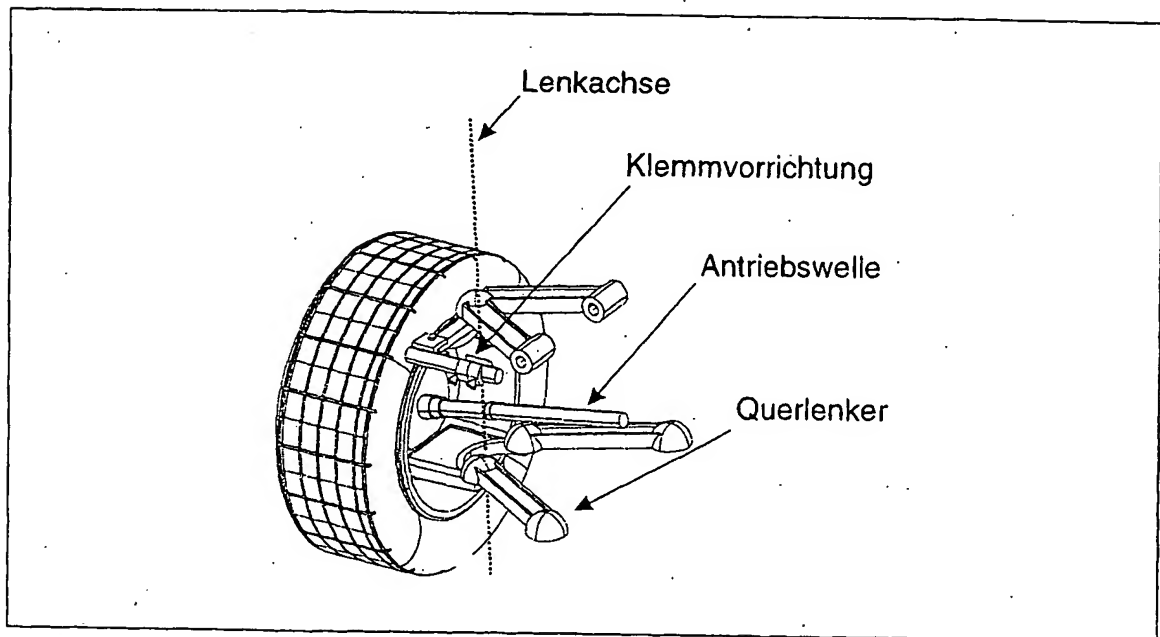


Bild 6

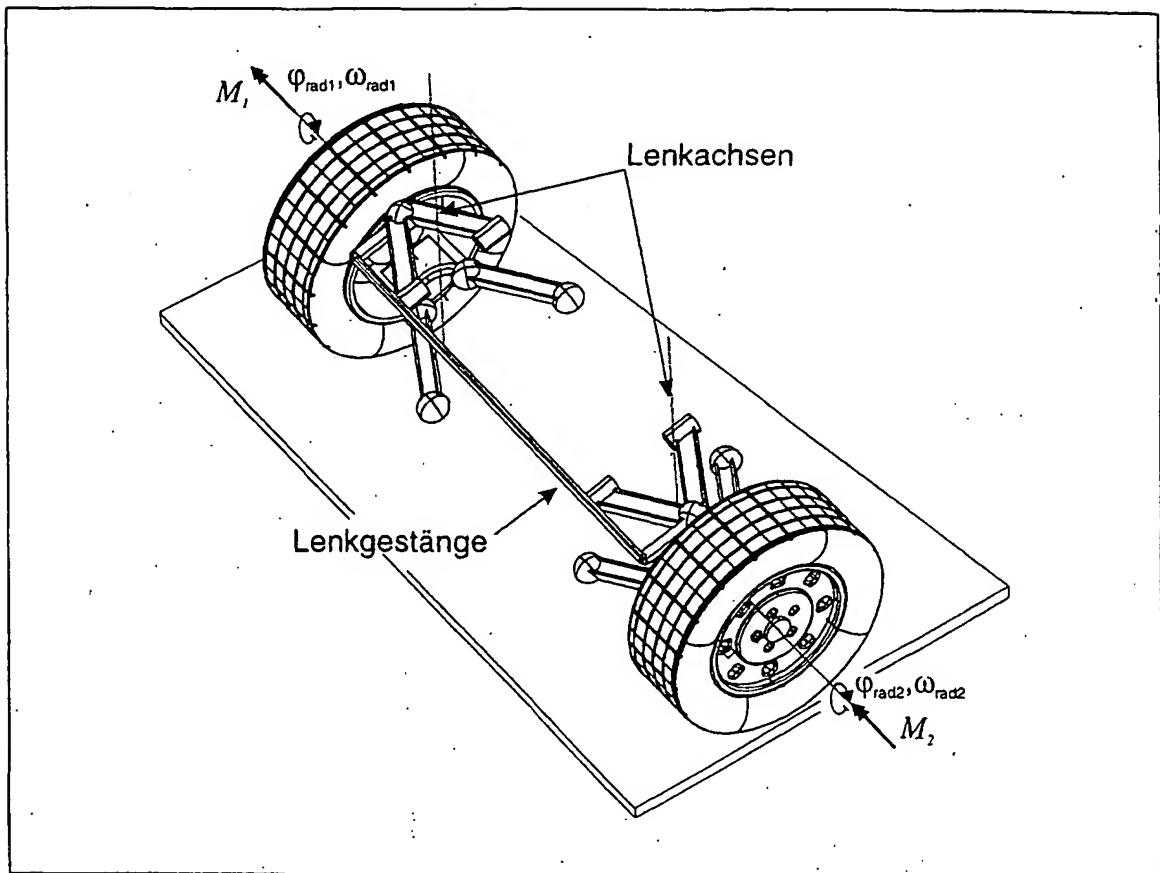


Bild 7